

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-58932

(P2009-58932A)

(43) 公開日 平成21年3月19日(2009.3.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 7/28 (2006.01)	GO2B 7/11 N	2H011
GO2B 7/36 (2006.01)	GO2B 7/11 D	2H040
GO2B 23/24 (2006.01)	GO2B 7/11 H	2H051
GO2B 23/26 (2006.01)	GO2B 23/24 B	4C061
HO4N 5/232 (2006.01)	GO2B 23/26 D	5C122

審査請求 有 請求項の数 12 O L 外国語出願 (全 37 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-136208 (P2008-136208)
 (22) 出願日 平成20年5月26日 (2008.5.26)
 (31) 優先権主張番号 60/940,047
 (32) 優先日 平成19年5月24日 (2007.5.24)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 500498763
 ジャイラス エーシーエムアイ インク
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ サウ
 スバーロウ ターンパイク ロード 13
 6
 (74) 代理人 100075258
 弁理士 吉田 研二
 (74) 代理人 100096976
 弁理士 石田 純
 (72) 発明者 マイケル ラブレンティフ
 イスラエル ハイファ アッバ ハイレル
 シルバー ストリート 113/14
 (72) 発明者 スチュアート ウルフ
 イスラエル ヨクニーム ヤーデン スト
 リート 9

最終頁に続く

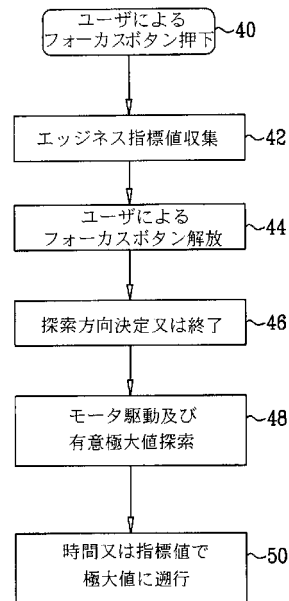
(54) 【発明の名称】 ユーザ支援オートフォーカス

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】パラメタ変化に応じ自動実行される焦点再探索で、焦点再探索に長時間を費やすことが無く、また、シーンが変わるたびにいたずらに焦点再探索が行われることが無いようにする。

【解決手段】オートフォーカス機構付き撮像システムを調整する方法及びシステムで、オートフォーカス手順の実行を求める指令40を撮像システムのユーザから受け取ったとき、その指令で指定された第1焦点距離第2焦点距離間区間をオートフォーカス機構でスキャンさせる。そのスキャン中に撮像システムに一群の画像を撮影させ、それらの画像を処理することによって画像毎に合焦指標値を計算する42。合焦指標値を解析することによって最適焦点距離を選択し、オートフォーカス機構で焦点距離を最適焦点距離に合わせる50。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

オートフォーカス機構付き撮像システムを調整する方法であって、
オートフォーカス手順の実行を求める指令を撮像システムのユーザから受け取るステップと、
その指令を受け取ったとき、その指令で指定された第 1 焦点距離第 2 焦点距離間区間をオートフォーカス機構でスキャンさせるステップと、
そのスキャン中に撮像システムに一群の画像を撮影させるステップと、
上記一群の画像を処理することによって画像毎に合焦指標値を計算するステップと、
合焦指標値を解析することによって最適焦点距離を選択するステップと、
オートフォーカス機構で焦点距離を最適焦点距離に合わせるステップと、
を有する方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の方法であって、撮像システムと連携するユーザ用制御子が操作及び解放されたことを検知することにより、上記指令を受け取る方法。

【請求項 3】

請求項 2 記載の方法であって、撮像システムを構成するカメラ上のボタンをユーザ用制御子として用いる方法。

【請求項 4】

請求項 2 記載の方法であって、オートフォーカス機構によるスキャンに当たり、ユーザ用制御子が解放されたときの焦点距離を第 2 焦点距離と見なす方法。

20

【請求項 5】

請求項 2 記載の方法であって、ユーザ用制御子が解放されたときの焦点距離を、最適焦点距離についてのユーザによる近似値と見なす方法。

【請求項 6】

請求項 1 記載の方法であって、合焦指標値を計算するため画像処理の際に画像のエッジを調べる方法。

【請求項 7】

請求項 1 記載の方法であって、画像を処理する際その画像上にある複数のウィンドウ内で合焦指標値を計算し、そのウィンドウのうち少なくとも 1 個を選んで合焦指標値を解析することによって最適焦点距離を選択する方法。

30

【請求項 8】

請求項 1 記載の方法であって、焦点距離に対する合焦指標値の変化曲線を離焦進行時に発生すべき変化曲線に照らして調べることで合焦指標値を解析する方法。

【請求項 9】

請求項 1 記載の方法であって、オートフォーカス機構によって第 1 方向沿いに焦点距離をスキャンさせ、更にその第 1 方向とは逆の第 2 方向沿いに焦点距離を少なくとも 1 回スキャンさせることによって、最適焦点距離を探す方法。

【請求項 10】

請求項 9 記載の方法であって、第 1 方向沿いスキャンの最中に、最適焦点距離を表すしきい値を合焦指標値に関し設定し、第 2 方向沿いスキャンを、合焦指標値がしきい値をよぎったとき又は所定の制限時間が満了したときに終了させる方法。

40

【請求項 11】

請求項 1 記載の方法であって、撮影する画像が被写体の内部構造であり、その撮影に内視鏡を用いる方法。

【請求項 12】

請求項 1 記載の方法であって、撮像システムを色バランス処理用のターゲットに向けてそれを撮影するとき上記指令を受け取る方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

50

【0001】

本願は、2007年5月24日付で提出された米国暫定特許出願第60/940047号に基づく優先権主張を伴い当該出願に基づく利益を享受する出願である。なお、当該暫定特許出願の内容はこの参照を以て本願に繰り入れられ、あらゆる意味で本願記載事項として扱われるべきものとする。

【0002】

本発明は電子撮像、とりわけ医用電子撮像装置におけるオートフォーカスに関する。

【背景技術】

【0003】

内視鏡カメラは、相応の内視鏡光学系を介して被写体の内部構造を撮像し表示用の画像を得る手段であり、大抵はオートフォーカス機構を内蔵している。オートフォーカス機構は撮影した画像の質が良好になるよう内視鏡光学系を自動的に合焦させる。

10

【0004】

内視鏡撮像の分野で既知のオートフォーカス機構には様々な種類がある。例えばこの参照を以て本願に繰り入れられるところの特許文献1には、焦点の合った被写体画像が得られるよう、見たい被写体までの距離に基づき焦点距離を自動制御するオートフォーカス装置が記載されている。この装置では、被写体照明用光源の強度を変化させてその被写体からの反射光の強度を計測することで被写体までの距離を自動検知し、更にその距離に応じてフォーカスレンズを動かし焦点を合わせて画像を撮影する。

【0005】

また例えば、この参照を以て本願に繰り入れられるところの特許文献2には、内視鏡画像における画像エリア非画像エリア間境界を利用し内視鏡光学系の焦点を制御するオートフォーカス型内視鏡システムが記載されている。この手法であれば、オートフォーカス動作がよりロバストになり、コントラストの環境依存性に左右されにくくなる。

20

【0006】

【特許文献1】米国特許第4389565号明細書

【特許文献2】米国特許第6749561号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、何らかの撮像パラメタを計測しそのパラメタが最適になるよう撮像用光学系の焦点距離を変化させる従来のオートフォーカス機構では、パラメタ変化に応じ自動実行される焦点再探索で、最適な焦点がなかなか見つからないことがある。例えば、焦点再探索に長時間を費やした挙げ句に焦点が外れてしまったり、シーンが変わるといわずらに焦点再探索が行われたり、といった問題が、内視鏡の分野等でしばしば生じている。そのため、オートフォーカス方法及びシステムを改良することが求められていた。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

後述する本発明の実施形態においては、こうしたオートフォーカス上の問題を解決するためシステムのユーザから支援を受ける。ユーザから指令を与えてオートフォーカス動作を開始させると、オートフォーカス機構が撮像用光学系の焦点距離についてのスキャンを開始する。オートフォーカス機構によって始点である第1焦点距離から第2焦点距離までスキャンが行われている間に、システムは画像を撮影させその合焦指標値を調べる。この自動探索によって最適焦点距離が見つかった後は、その焦点距離をオートフォーカス機構によって維持する。即ち、ユーザが再びオートフォーカス制御子を操作するまでは、仮に画像特性が変化したとしても焦点距離再探索は行わないようにする。

40

【0009】

実施に当たっては、第2焦点距離、ひいては最適焦点距離探索時にオートフォーカス機構がスキャンする範囲を、例えばユーザによる相応の入力操作で指定及び制御する。ユーザによる第2焦点距離の指定は、その第2焦点距離における撮像用光学系の焦点距離が最

50

適焦点距離の近似値となるよう行うのが望ましい。この種のユーザ入力は、適切な焦点距離へとシステムを迅速に収束させる上で助けになる。

【0010】

また、後述の実施形態では内視鏡撮像に本発明が適用されているが、本発明の原理はこれ以外の電子撮像分野にも同様に適用することができ、それによってその分野でインタラクティブなオートフォーカス機能を提供することができる。

【0011】

ここに、本発明の一実施形態に係る方法は、オートフォーカス機構付き撮像システムを調整する方法であって、オートフォーカス手順の実行を求める指令を撮像システムのユーザから受け取るステップと、その指令を受け取ったとき、その指令で指定された第1焦点距離第2焦点距離間区間をオートフォーカス機構でスキャンさせるステップと、そのスキャン中に撮像システムに一群の画像を撮影させるステップと、上記一群の画像を処理することによって画像毎に合焦指標値を計算するステップと、合焦指標値を解析することによって最適焦点距離を選択するステップと、オートフォーカス機構で焦点距離を最適焦点距離に合わせるステップと、を有する。

10

【0012】

また、本発明の一実施形態に係る撮像装置は、画像センサと、画像センサ上に結像するよう構成されており、その焦点距離を調整するためのオートフォーカス機構を有する撮像用光学系と、本装置のユーザによって操作されたとき、オートフォーカス手順の実行を求める指令を発するオートフォーカス制御子と、その指令を受け取ったとき、その指令で指定された第1焦点距離第2焦点距離間区間をオートフォーカス機構にスキャンさせ、そのスキャン中に撮像システムが撮影した一群の画像を処理することによって画像毎に合焦指標値を計算し、その合焦指標値を解析することによって最適焦点距離を選択し、オートフォーカス機構で焦点距離をその最適焦点距離に合わせるコントローラと、を備える。

20

【0013】

実施に当たっては、例えば、撮像システムと連携するユーザ用制御子が操作及び解放されたことを検知することにより、上記指令を受け取る。ユーザ用制御子としては、例えば撮像システムを構成するカメラ上のボタンを用いる。オートフォーカス機構によるスキャンに当たっては、例えばユーザ用制御子が解放されたときの焦点距離を以て第2焦点距離と見なし、またユーザ用制御子が解放されたときの焦点距離を、最適焦点距離についてのユーザによる近似値と見なすとよい。

30

【0014】

画像を処理する際には、合焦指標値を計算するため例えば画像のエッジを調べる。

【0015】

実施に当たっては、例えば、画像を処理する際その画像上にある複数のウィンドウ内で合焦指標値を計算し、そのウィンドウのうち少なくとも1個を選んで合焦指標値を解析することによって最適焦点距離を選択する。これに加え又は代え、焦点距離に対する合焦指標値の変化曲線を離焦進行時に発生すべき変化曲線に照らして調べることで、合焦指標値を解析するとよい。

40

【0016】

実施に当たっては、オートフォーカス機構によって第1方向沿いに焦点距離をスキャンさせ、更にその第1方向とは逆の第2方向沿いに焦点距離を少なくとも1回スキャンさせることによって、最適焦点距離を探すとよい。例えば、第1方向沿いスキャンの最中に、最適焦点距離を表すしきい値を合焦指標値に関し設定し、第2方向沿いスキャンを、合焦指標値がしきい値をよぎったとき又は所定の制限時間が満了したときに終了させる。

【0017】

実施に当たっては、例えば被写体の内部構造を内視鏡により撮影する。

【0018】

また、撮像システムを色バランス処理用のターゲットに向けそれを撮影するとき上記指令を受け取るようにしてもよい。

50

【 0 0 1 9 】

本発明には、後に詳細に図示説明する通り、上掲のもの以外にも様々な実施形態がある。いずれの実施形態も、既知のコンピュータデバイス用記憶・記録媒体上に保存された機械可読且つ機械可実行な命令群、という形態を採って実施することができる。

【 0 0 2 0 】

そして、以上の説明は本発明の実施形態及び特徴事項を限定列挙する趣旨のものではない。本件技術分野において習熟を積まれた方々（いわゆる当業者）ならば、後掲の詳細説明及び図面を併せ参照することで他の実施形態に想到することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 1 】

以下、本発明についてよりの確にご理解頂くため、その実施形態について別紙図面を参照しつつ詳細に説明する。

【 0 0 2 2 】

図示した構成は、「従来技術」との注記があるものを除き本発明の実施形態である。

【 0 0 2 3 】

本発明の代表的な実施形態を表す図 1 ~ 図 5 では、同一又は同様の構成要素に同一の参照符号を付してある。

【 0 0 2 4 】

図 1 に、本発明の一実施形態に係る内視鏡撮像システム 20 を模式的且つ描写的に示す。これは、患者 26 の体内組織（anatomical structure）を内視鏡 24 越しに捉え、ビデオカメラ 22 でその画像 30 を撮影するシステムであり、その内視鏡 24 例えばリジッド型腹腔鏡の手許部（体外に残っている部分）にカメラ 22 が連結されている。但し、内視鏡 24 はリジッドに限らずフレキシブルでもよいし、腹腔鏡以外の内視鏡であってもよい。また、カメラ 22 は内視鏡 24 の手許部に限らず先端部に設けてもよいが、焦点を自動調整できるよう構成しておく必要がある。更に、機械検査システムや顕微鏡システム等、内視鏡撮像システム以外の撮像システムに対しても、本発明の着想を適用することができる。

【 0 0 2 5 】

カメラ 22 はその撮像光学系 36 によって画像センサ 38 上に像を結ばせる仕組みであり、そのセンサ 38 としては CCD センサ、C-MOS センサ等の検知デバイスが 1 個又は複数個使用されている。光学系 36 は可調型であり、その焦点距離を外部制御で変化させセンサ 38 上に像を結ばせることができる。焦点距離を調整する機構は本件技術分野で既知のものでよく、この例では光学系 36 のレンズのうち 1 枚又は複数枚をモータで動かしている。使用時には、ユーザ 28（通常は医療従事者）が内視鏡 24 を手繰り意中の体内組織に向け、その像を捉えるセンサ 38 の出力をコンソール 32 で処理し、その結果に基づきビデオ画像 30 を相応のフォーマットで表示乃至出力する。

【 0 0 2 6 】

患者体内に内視鏡 24 を差し入れ意中の体内組織に向けた後、ユーザ 28 はオートフォーカス制御子 34 又は 35 を操作してオートフォーカス手順を起動させる。オートフォーカス手順は光学系 36 の焦点距離を最適化する手順であり、これについては後に別紙図面を参照して説明する。オートフォーカス手順の起動は、色バランス調整（例えば白バランス調整）と併せ実施することもできる。それには内視鏡 24 を操作し校正ターゲット（例えば図示しない白色パッド）に向ければよい。また、図中の制御子 34 及び 35 は二連の押しボタンであり、これを操作することによって、オートフォーカス機構に対し焦点位置の前進及び後退を指令することができる。但し、本システム 20 では、これ以外の種類の押しボタン、スイッチ乃至制御子をオートフォーカス制御子として用いることもでき、またその個数を任意の個数例えば 1 個にすることもできる。オートフォーカス手順は、コンソール 32 による制御の下で、或いはカメラ 22 その他のハウジング内に収容された他の適当なコントローラによって、或いはそれらの組み合わせで実行する。

【 0 0 2 7 】

10

20

30

40

50

図 2 に、本発明の一実施形態におけるユーザ支援オートフォーカス手順の流れを模式的に示す。本手順はユーザ 28 がオートフォーカス制御子 34 又は 35 を押下すると開始される（起動ステップ 40）。その制御子が押されている間、コントローラ例えばコンソール 32 は光学系 36 のオートフォーカス機構を制御し、ある焦点距離範囲内を前進方向又は後退方向にゆっくりスキャンしつつ、撮影を行わせる。

【0028】

その途上で画像センサ 38 により撮影された一群の画像 30 は、コントローラによって出力例えば対ユーザ表示される。コントローラは、それらの画像 30 の特性のうち合焦の度合い（image focal quality）を表す指標値を一種類又は複数種類計測し、その合焦指標値を焦点距離に関連づけて記録する（指標値計測ステップ 42）。合焦指標値としては、画像のエッジにおけるシャープネス又はコントラストを表すエッジネス指標値等を計測するとよい。コントローラは、例えば、適当なカーネルを用い画像をデジタルフィルタリングし、得られたフィルタ出力値を総和することによって、その画像のエッジネス指標値を導出する。カーネルとしては例えば

【数 1】

$$\begin{pmatrix} -1 & 2 & -1 \\ 2 & -4 & 2 \\ -1 & 2 & -1 \end{pmatrix}$$

を使用する。或いは、画素毎にその画素を含む所定規模（例えば 3 画素 × 3 画素）の領域を設定し、その領域内で最大画素値と最小画素値の差を求めて出力するフィルタを用いてもよい。コントローラで計測でき合焦の度合いを表すものであれば、以上のものに限らず様々な画像特性指標値を単独で又は組み合わせて使用することができる。

【0029】

ユーザ操作で起動されたこの焦点距離スキャンは、その制御子を解放する（解放ステップ 44）等、そのユーザが所定の方法、所作又は手順でオートフォーカス制御子を操作すると終わる。ユーザは、表示される画像 30 の画質が最良に見えたとき、制御子を操作してスキャンを終了させることで、焦点距離をその理想値に概ね一致させることができる。この状態からコントローラによる制御で焦点距離を再スキャンする必要は全く又はほとんどなく、また当該再スキャンで意中の被写体にシャープに合焦する蓋然性も高い。とはいえ、スキャンをどの焦点距離で終了させるかは、ユーザの意思に委ねられている。

【0030】

ステップ 40 ~ 44 を終えた時点では、ある焦点距離範囲内の個々の焦点距離に対応する合焦指標値がコントローラに集まっている。コントローラは、集まっている指標値を調べることによって、以後どのように焦点距離を自動調整すべきか判別する（判別ステップ 46）。現在の焦点距離における合焦指標値が好適な（例えば最良の）値であるなら、コントローラはオートフォーカス手順を中断し爾後の動作をやめる。

【0031】

それ以外の場合、コントローラは、どちらの方向に焦点距離を調整すれば合焦度が高まるかを収集済の合焦指標値に基づき調べて調整方向を決定する。コントローラは、その方向に沿って光学系 36 の焦点位置が移動していくようオートフォーカス機構を制御する（自動調整ステップ 48）。コントローラは、合焦指標値に有意極大値が現れる焦点距離を通過するまでこの調整を続けさせる。“有意”極大値とは、例えば、ある基底値を所定のしきい値分又は所定割合上回る合焦指標値のことである。通過することで有意極大値を認識したコントローラは、オートフォーカス機構を制御して焦点距離を逆方向に変化させ、合焦指標値が有意極大値を呈する焦点距離に合わせる（終了ステップ 50）。その際には

、合焦指標値の変化をトレースしながら、有意極大値を呈した焦点距離まで戻してもよいし、有意極大値を呈した焦点距離に戻すのに必要な時間又は距離を調べ、その分だけオートフォーカス機構を駆動してもよい。

【0032】

図3A及び図3Bに、図2に示した実施形態に係る方法の流れをより詳細且つ説明的に示す。先に説明した通り、ユーザがステップ40で制御子34、35又はその双方を操作すると、コントローラはオートフォーカス機構例えばモータを駆動して焦点距離を変化させ、焦点距離毎に画像エッジネス指標値(IEM)を計算する(IEM収集ステップ60)。コントローラは、得られたIEMを解析してその極大値及び基底値を探す。基底値としては例えばIEMの極小値を探す。

10

【0033】

IEMの計算は、画像全体を対象に行ってもよいし画像上に設定した特定のウィンドウ内に絞って行ってもよい。ウィンドウは例えば画像中央の指定エリア上に設定し、そのサイズ及び形状は用途上の必要に応じ調整する。また、使用するウィンドウを複数のウィンドウ候補のなかから動的に選出するようにしてもよい。それにより、IEM極大値を最大にし又はIEM極大値と基底値のコントラストを最善にすることや、ステップ44にてユーザが直ちに制御子34又は35を解放するであろう焦点距離に焦点距離乃至IEM極大値を近づけることができる。これに加え又は代えて、相異なる複数のウィンドウそれぞれでIEMを計算し、ウィンドウ毎に計算した都合複数通りのIEMに基づき焦点距離を設定してもよい。

20

【0034】

この初期焦点距離スキャンは、前述の通りステップ42でユーザが制御子34又は35を解放したとき終了するほか、制御子未解放のままオートフォーカス機構による焦点距離調整限界に達したとき(範囲制限ステップ62)にも終了する。即ち、焦点距離がその調整限界に到達すると、コントローラはその焦点距離で焦点距離スキャンを終了する(探索終了ステップ64)。調整限界に至った焦点距離でユーザが満足して制御子を解放するとオートフォーカス手順は終了するが、満足できなければユーザによる制御子再操作に応じステップ40更にはステップ60が再実行される。今回のステップ60では、コントローラは直前のスキャンとは逆方向に引き返すようオートフォーカス機構を作動させる。

30

【0035】

ステップ42にてユーザがそのオートフォーカス制御子を解放すると、コントローラはステップ60の継続時間が十分であったか否か、即ち所要下限個数以上の画像フレームからIEMデータを収集できたか否かを判別する(IEM確保判別ステップ66)。信頼に足る結果を得るには、通常、コントローラに最低10フレーム分のデータを集める必要がある。データ収集済フレーム数が十分な個数に達しないうちにユーザが制御子を解放してしまった場合、コントローラはオートフォーカス機構を引き続き稼働させてIEMデータを収集する(継続稼働ステップ68)。この収集は、データ収集済フレーム数が十分な個数に達するか焦点距離がその調整限界に達するまで継続される。

【0036】

また、データ収集済フレーム数が下限個数未満のうちにユーザ28がそのオートフォーカス制御子を解放した場合に、ステップ64に移行して探索を停止させるようにしてもよい。その場合も、ユーザは焦点距離調整を手動で行うことができる。

40

【0037】

焦点距離スキャンで十分な個数のフレームからデータを収集し終えたコントローラは、焦点距離スキャン中に最適焦点距離を通過したか否かを、IEMが有意極大値になったか否かによって判別する(焦点検出ステップ70)。例えば、画像に焦点が合っていないとき又はエッジが存在していないときのIEMのレベル等を平均画像背景レベルとして計測又は初期設定し、IEMの極大値と極小値の差をその平均画像背景レベルと比較する。IEMの極大値と極小値の差が平均画像背景レベルの所定倍例えば3倍を超えた場合、その極大値は有意極大値と見なしてよい。有意極大値の識別は他の条件、例えば図5を参照し

50

て後述する I E M 変化曲線で代用して又はその曲線と併用して行ってもよいが、いずれにせよ、スキャン中に I E M が有意極大値を採っていない場合はステップ 6 4 に移行して探索を終了する。ユーザに対しては、焦点距離スキャンを再開させるならオートフォーカス制御子を操作せよと督励する。

【 0 0 3 8 】

ステップ 7 0 にて有意極大値を見つけた場合、コントローラは、その有意極大値がスキャン終了間際の数フレーム以内に生じたものか否かを判別する（極大値識別ステップ 7 2）。もしそうなら、コントローラは、直近のステップ 6 0 でのスキャン方向と同方向に焦点位置が変化していくようオートフォーカス機構を稼働させる（スキャン順行ステップ 7 4）。これを実行するのは、その有意極大値が実際には最善でなくローカルな極大値であった場合でも、理想的な焦点距離を撮り逃さないようにするためである。逆に、有意極大値が現れたのがステップ 6 0 におけるスキャンの終了から数フレーム以上前である場合、コントローラはオートフォーカス機構を逆方向に稼働させる（スキャン反転ステップ 7 6）。有意極大値が現れたフレームからどちら側にスキャンするにしても、オートフォーカス機構における焦点距離調整限界又はそのごく近傍で有意極大値が生じた場合を除き、コントローラは十分な範囲を探索して少なくとも 1 0 フレーム分のデータを得ることができよう。

10

【 0 0 3 9 】

ステップ 7 4 及び 7 6 のどちらを実行する場合でも、コントローラは I E M データの収集を続けその極大値及び極小値を探索する（I E M 収集ステップ 7 8）。コントローラは、収集したデータに基づき焦点距離理想値識別用のしきい値 T H R E S H O L D 1 を設定する（第 1 しきい値設定ステップ 8 0）。例えば、有意極大値出現フレームから K 個後のフレームで計測した I E M をしきい値 T H R E S H O L D 1 とする。K は例えば 4 とする。ステップ 8 0 での焦点距離スキャン及び I E M 収集は、焦点距離がオートフォーカス機構による焦点距離の調整限界に達するまで（限度判別ステップ 8 2）又は終了条件が成立するまで（スキャン終了ステップ 8 4）継続される。終了条件としては、例えば、I E M が極大値を呈したフレームから現フレームまでに十分な個数（例えば 1 0 個）のフレームが経過したという条件並びにその極大値に比べ現フレームの I E M が遙に（例えば 2 5 % 以上）小さな値であるという条件を使用する。

20

【 0 0 4 0 】

コントローラは、焦点距離がその限界値に達した旨ステップ 8 2 で判別した場合や終了条件が成立した旨ステップ 8 4 で判別した場合、そのスキャン方向を再反転させた上で（スキャン再反転ステップ 8 6）、I E M に極大値をもたらした焦点距離を挟んで且つ最適な合焦状態に収束するまで、オートフォーカス機構に反復スキャンを行わせる。その手始めに、コントローラは、ステップ 7 8 にて収集した I E M が極大値を呈するフレームから現フレームまでの距離（フレーム数）に、オーバーシュート分のフレーム数 M 1 を加算した値を、カウントダウンタイマにセットする（カウントダウン設定ステップ 8 8）。M 1 は例えば 1 0 にする。このカウントダウンタイマを使用するのは、後述するように、カメラ 2 2 で撮影しているシーンの切り替わりに伴い I E M と焦点距離との関係が変わったとき等に、不要な往復スキャンが行われるのを防ぐためである。

30

40

【 0 0 4 1 】

コントローラは、ステップ 8 6 にてスキャン方向を反転させたオートフォーカス機構を稼働させ（収束スキャンステップ 9 0）、捉えた画像から計算した I E M がしきい値 T H R E S H O L D 1 をよぎるフレームを検知し（しきい値判別ステップ 9 4）、そのフレームに係る焦点距離でスキャンを終了する（処理終了ステップ 9 6）。このときの焦点距離と理想的な焦点距離との間には大抵は僅かな差しかない。

【 0 0 4 2 】

また、ステップ 9 0 でオートフォーカス機構によるスキャンを行っているとき、コントローラは、先に設定してあるカウントダウンタイマを、画像フレームを 1 個処理する毎にデクリメントする。コントローラは、カメラ 2 2 で撮影しているシーンが切り替わる等し

50

たため（前述）ステップ 94 におけるしきい値条件が成立しないままカウントダウンタイムが 0 に到達した場合（タイマ判別ステップ 98）、実行中のスキャンを終了してスキャン方向を再反転させる（最終反転ステップ 100）。コントローラは、そのスキャン方向反転に先立ち、ステップ 90 にて収集した IEM における極大値を求め、その極大値を呈したフレームから数えて K 個後のフレームの IEM を、新たなしきい値 THRESHOLD 2 に設定する（新しい値設定ステップ 92）。コントローラは、更に、カウントダウンタイムに終了判定値 M2 をセットする（最終タイマセットステップ 102）。フレーム数 M2 は、原則として、先にセットしたオーバシュート M1 より大きな値にする。また、この M2 は、後続するスキャンで IEM の有意極大値が見つからなかったとき、IEM が極大値になることが判明している焦点距離又はその近傍の焦点距離がオートフォーカス機構によって設定されることとなるよう、定めておく。

10

【0043】

コントローラは、更に、ステップ 100 にてそのスキャン方向を反転させたオートフォーカス機構を稼働させ、IEM の値を計算し、そしてカウントダウンタイムをデクリメントする（最終スキャンステップ 104）。処理中のフレームにおける IEM がしきい値をよぎった場合（最終しきい値判別ステップ 106）やカウントダウンタイムが 0 に達した場合（最終タイマ判別ステップ 108）には、ステップ 96 に進んでスキャンを終了させる。このときカメラ 22 の焦点距離は最適な値又はその近傍になっており、ユーザは意中の体内組織を好適に撮影乃至視認することができる。ステップ 106 及び 108 における判別がいずれも不成立の場合や、何らかの理由で引き続き焦点距離を再調整する必要がある場合には、ユーザは制御子 34 又は 35 の操作例えば押下でオートフォーカス手順を再起動させることができる。

20

【0044】

図 4 に、本発明の他の実施形態におけるユーザ支援オートフォーカス手順の流れを模式的に示す。本実施形態（及び後述する図 5 の実施形態）では、ユーザによるオートフォーカス制御子 34 又は 35 の操作はオートフォーカス手順起動操作（起動ステップ 110）だけでよい。即ち、ユーザが最適焦点距離又はその近傍で制御子を解放しなくても、コントローラは自律的にオートフォーカス機構にスキャンを行わせる（スキャンステップ 112）。

30

【0045】

コントローラは、スキャンで得られた画像フレームからエッジネス指標値（IEM）を計算して記録し、それに有意極大値が出現したか否かを判別する（判別ステップ 114）。スキャンした焦点距離範囲内で IEM が有意極大を呈した場合、コントローラは、図 3A 及び図 3B に示した手順と同じくスキャン方向を反転させて探索を繰り返す（反転スキャンステップ 116）。そして、コントローラは、（カウントダウン）タイマや計測した IEM に従いオートフォーカス機構を制御することによって、焦点距離を最適な即ち IEM が極大になる距離に戻す（最終設定ステップ 118）。

【0046】

図 5 に、本発明の更に他の実施形態におけるユーザ支援オートフォーカス手順の流れを模式的に示す。図 4 に示した実施形態と同じく本実施形態でも、ユーザによるオートフォーカス制御子の操作は起動時の 1 回でよい（起動ステップ 120）。コントローラは、オートフォーカス機構を用い原則としてその調整限界まで焦点距離を変化させていき（スキャンステップ 122）、前掲の各実施形態と同様に画像フレームからエッジネス指標値を計算して収集する。

40

【0047】

但し、本実施形態では単純にローカル極大値を探すのではない。コントローラが探すのは離焦曲線を伴った極大値、即ち合焦状態から外れつつあることを示す形状の変化曲線上に現れた極大値である（離焦評価ステップ 124）。言い換えれば、コントローラは、焦点距離（又はそれと等価な量である時間又はフレーム数）に対する IEM の変化曲線を求め、当該 IEM 曲線の勾配値が期待域内に入っていることを確かめる。この確認が成り立

50

っているなら、オートフォーカス機構で好適な焦点距離を見つけられたということである。光学系のフォーカスではなく偽像によってIEM曲線上に発生するローカル極大値に、収束しているわけではない。なお、同種の確認は、図2、図3A、図3Bに示した上述の手順にも盛り込むことができる。

【0048】

離焦を表すIEM曲線を伴う極大値を見つけた場合、コントローラは、その極大値を呈した焦点距離までオートフォーカス機構によって焦点距離設定を戻す（最終設定ステップ126）。それ以外の場合、コントローラは、スキャン方向を反転させて焦点距離スキャンを繰り返し（スキャン反転ステップ128）、再びIEMを計算及び解析することによって、離焦曲線を伴うローカル極大値を探索する（反転評価ステップ130）。もしそのような形状の曲線を伴うローカル極大値が見つからなかったら、コントローラは、焦点距離調整可能範囲全体を調べてIEMのグローバル極大値（最大値）を求め、その最大値を呈した焦点距離に焦点距離を設定する（ステップ126）。

10

【0049】

なお、本発明は、上述した方法（手順）乃至システムの形態だけでなく、命令群（即ちソフトウェア）が格納されたコンピュータ可読媒体の形態でも実施することができる。その命令群は既存の計算機及びプロセッサで実行できるように作成し、またその実行によって本発明の手順乃至その構成ステップが実行されるように作成する。本発明は、更に、本発明のシステム乃至その構成装置の製造乃至組立方法としても実施することができる。

【0050】

ご理解頂ける通り、以上の説明は本発明の実施形態についての例示説明に過ぎない。本発明の技術的範囲は図示説明した具体例に限定されるわけではなく、上述した各種構成要素のコンビネーション及びサブコンビネーションや、本願における説明を参照することによっていわゆる当業者が想到できる変形物及び改良物であって従来知られていなかったものも、本発明の技術的範囲に包含されるものである。

20

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】本発明の一実施形態に係るユーザ支援オートフォーカス機構を備える内視鏡撮像システムを模式的且つ描写的に表した図である。

【図2】本発明の一実施形態におけるユーザ支援オートフォーカス手順を模式的に示すフローチャートである。

30

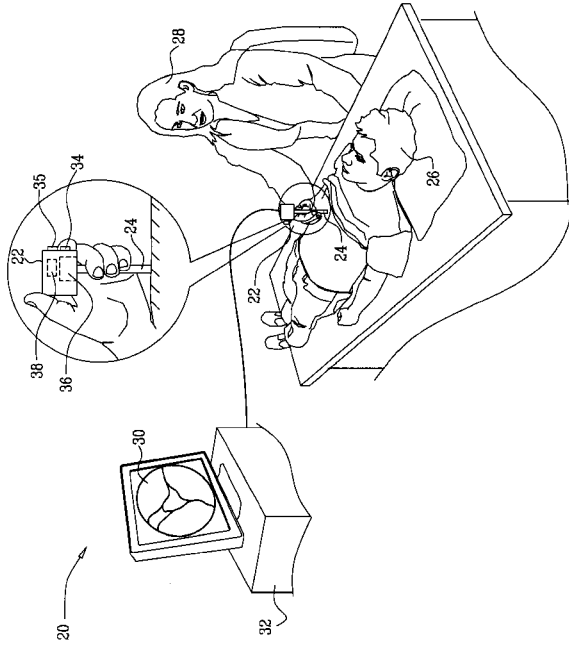
【図3A】図2に示した実施形態の手順の詳細を模式的に示すフローチャートである。

【図3B】図2に示した実施形態の手順の詳細を模式的に示すフローチャートである。

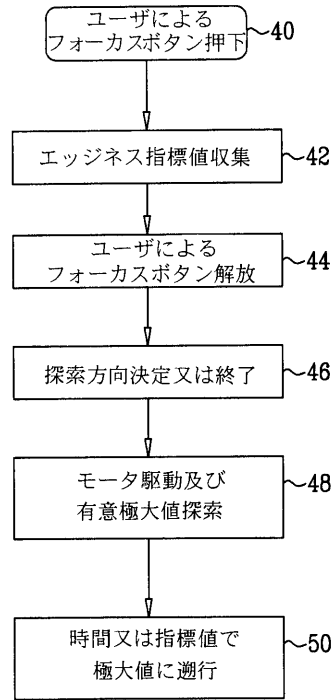
【図4】本発明の他の実施形態におけるユーザ支援オートフォーカス手順を模式的に示すフローチャートである。

【図5】本発明の他の実施形態におけるユーザ支援オートフォーカス手順を模式的に示すフローチャートである。

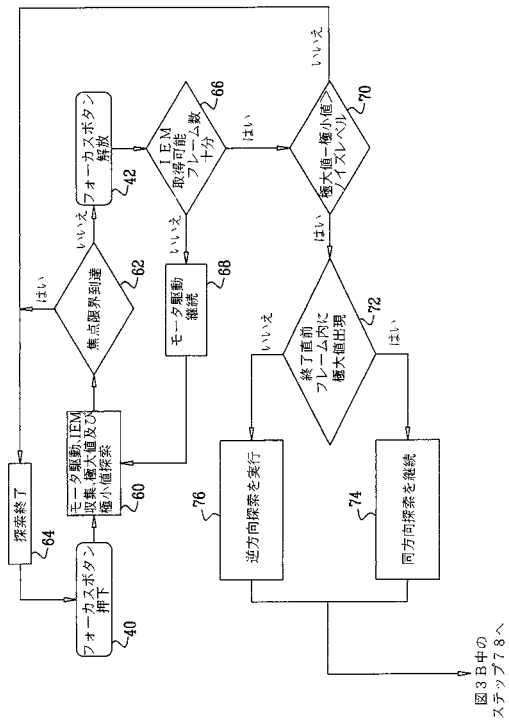
【図 1】



【図 2】



【図 3 A】



【図 3 B】

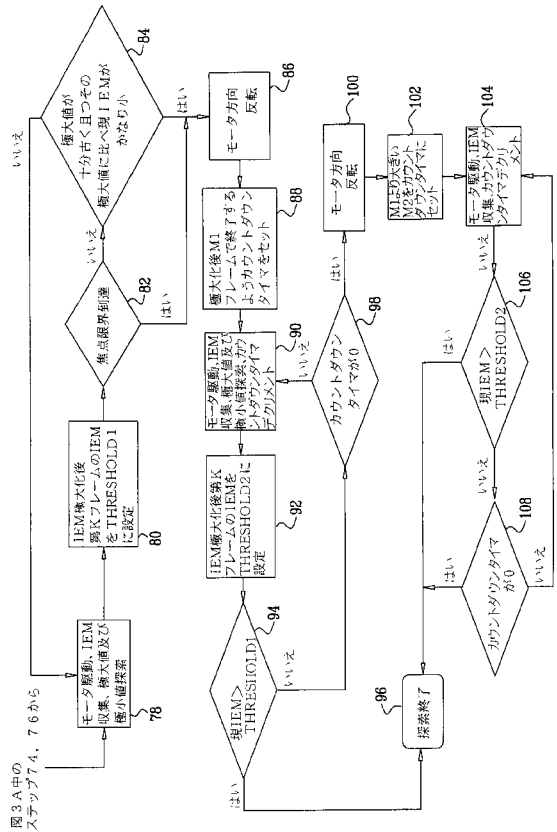
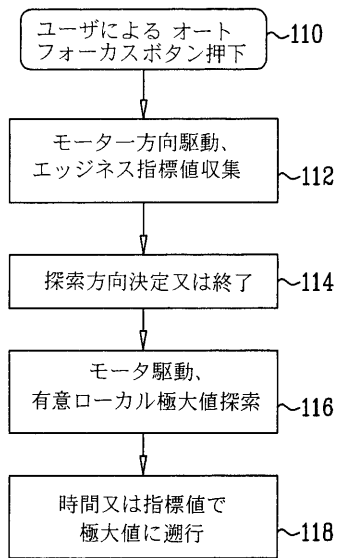
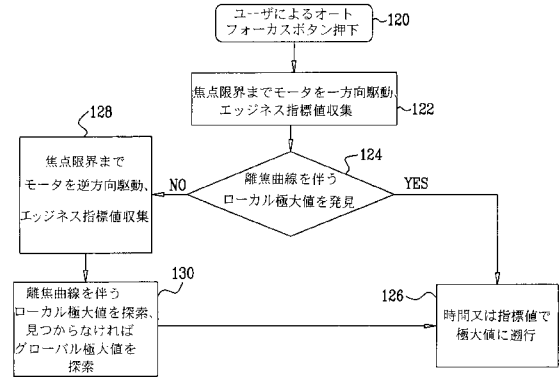


図 3 A 中のステップ 74, 76 から

【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I			テーマコード(参考)		
A 6 1 B 1/00 (2006.01)	H 0 4 N	5/232				H
A 6 1 B 1/04 (2006.01)	A 6 1 B	1/00		3 0 0 Y		
G 0 3 B 13/36 (2006.01)	A 6 1 B	1/04		3 7 0		
	G 0 3 B	3/00				A

(72)発明者 ドロン アドラー

イスラエル ネシャー ハヌリオット ストリート 24

(72)発明者 アルバート エム ジュアージェンス ザ サード

アメリカ合衆国 マサチューセッツ ボイルストン メイン ストリート 1170

Fターム(参考) 2H011 AA06 BA31 BB03

2H040 BA06 GA01 GA10

2H051 AA15 BA47 BA66 EA08

4C061 FF40 LL02 LL03 MM02 PP13 RR06

5C122 DA12 DA26 EA01 EA42 EA68 FD01 FD05 FD13 GA17

【 外国語明細書 】

USER-AIDED AUTO-FOCUS

Inventors: Michael Lavrentiev; Stuart Wolf; Doron Adler; Albert Juergens

RELATED APPLICATIONS

5 This application claims the benefit of and priority to U.S. Provisional Application Serial Number 60/940,047, filed May 24, 2007 the contents of which are hereby incorporated by reference as if recited in full herein for all purposes.

BACKGROUND

10 This application relates generally to electronic imaging, and is particularly suited for automatic focusing of electronic, medical imaging devices.

 Endoscopic cameras are used, in conjunction with suitable endoscopic optics, to capture and display images of structures within the body of a subject. Such cameras commonly incorporate auto-focus mechanisms, which automatically focus the optics in
15 order to optimize the quality of the captured image.

 Various types of auto-focus mechanisms are known in the art of endoscopic imaging. For example, U.S. Patent 4,389,565, whose disclosure is incorporated herein by reference, describes an automatic focusing device in which the focus of an image of the object to be observed is automatically controlled based on the distance to the object. The
20 distance is automatically detected by varying the intensity of the light source that is used to illuminate the object and measuring the intensity of the light reflected by the object. According to the distance, a focusing lens is driven to obtain a focused image.

As another example, U.S. Patent 6,749,561, whose disclosure is incorporated herein by reference, describes an auto-focusing endoscopic system, which uses a transition between an imaging area and a non-imaging area in the endoscopic image in focusing the endoscopic optics. This approach is said to allow for robust auto-focusing operation regardless of contrast characteristics of the environment.

Prior art auto-focus mechanisms systems typically set the focal distance of the imaging optics based on measurement and optimization of certain image characteristics. When the characteristics change, the auto-focus mechanism will typically seek a new focus. In some imaging environments, however, it may be difficult to find a clear optimum. As a result, the mechanism may spend a long time in seeking a focus and may then settle at an incorrect focal distance or resume seeking unnecessarily as the image changes. These sorts of problems are common, for example, in some endoscopic applications. Accordingly, there is a need for improved auto-focus methods and systems.

15 SUMMARY

In the embodiments of the inventive subject matter that are described hereinbelow, auto-focus problems of these sorts are addressed with the aid of the user of the system. Auto-focus operation is invoked in response to an input by the user, which causes the auto-focus mechanism to begin scanning the focal distance of the imaging optics. The mechanism continues scanning from an initial setting of the focal distance up to a second setting, and the system meanwhile captures images and evaluates a measure of their focal quality in order to automatically find the optimal focal distance. Subsequently, the auto-

focus mechanism may remain at this optimal focus, without seeking a new focus even when image characteristics change, until the user again actuates the auto-focus control.

In some embodiments, the user may choose the second setting by appropriate operation of the input, and thus controls the range over which the auto-focus mechanism scans in seeking the optimal focus. It is desirable that the user choose the second setting so that the imaging optics at the second setting are adjusted to a focal distance that is approximately optimal. This sort of user input can assist the system in converging rapidly to the proper focal distance.

Although the embodiments described hereinbelow relate specifically to endoscopic imaging, the principles of the inventive subject matter may similarly be applied in providing interactive auto-focus functionality in other electronic imaging applications.

There is therefore provided, in accordance with an embodiment of the inventive subject matter, a method for adjusting a video imaging system that includes an auto-focus mechanism, the method including:

receiving an input from a user of the video imaging system invoking an auto-focus procedure;

responsively to the input, scanning the auto-focus mechanism over a range of focal distance from a first setting to a second setting indicated by the input;

capturing a sequence of images using the video imaging system while scanning the auto-focus mechanism over the range;

processing the images in the sequence so as to compute a measure of focal quality with respect to each of the images;

analyzing the measure of the focal quality so as to select an optimal focal distance; and

setting the auto-focus mechanism to the selected focal distance.

There is also provided, in accordance with an embodiment of the inventive

5 subject matter, apparatus for video imaging, including:

an image sensor;

imaging optics, which are configured to form an image on the image sensor and include an auto-focus mechanism for adjusting a focal distance of the imaging optics;

an auto-focus control, which is operable by a user of the apparatus to generate an input invoking an auto-focus procedure; and

10 a controller, which is configured to scan the auto-focus mechanism, responsively to the input, over a range of focal distances from a first setting to a second setting indicated by the input, and to process a sequence of images captured by the image sensor while scanning the auto-focus mechanism over the range so as to compute a measure of focal quality with respect to each of the images, and to analyze the measure of the focal quality so as to select an optimal focal distance and set the auto-focus mechanism to the selected focal distance.

In some embodiments, receiving the input includes sensing actuation and release of a user control associated with the video imaging system. In a disclosed embodiment, 20 the video imaging system includes a camera, and the user control includes a button on the camera. Typically, scanning the auto-focus mechanism includes determining the second setting to be the focal distance at which the user control was released, wherein the release

of the user control is indicative of an approximation by the user of the optimal focal distance.

In a disclosed embodiment, processing the images includes computing the measure of focal quality by evaluating edges in the images.

5 In some embodiments, processing the images includes computing the measure of focal quality over a plurality of windows within each of the images, and analyzing the measure of the focal quality includes selecting at least one of the windows so as to determine the optimal focal distance. Additionally or alternatively, analyzing the measure of focal quality includes evaluating a profile of the measure of focal quality as a
10 function of the focal distance against an expected profile that is associated with optical defocusing.

In some embodiments, scanning the auto-focus mechanism includes scanning the focal distance in a first direction, and the method includes performing at least one scan of the focal distance in a second direction, opposite to the first direction, in order to find the
15 optimal focal distance. In one such embodiment, scanning the focal distance in the first direction includes determining a threshold value of the measure that is indicative of the optimal focal distance while scanning in the first direction, and performing the at least one scan of the focal distance in the second direction includes terminating the at least one scan when the measure passes the threshold or when a predetermined time limit has
20 expired.

In a disclosed embodiment, capturing the sequence of images includes capturing the images of an anatomical structure inside a body of a subject using an endoscope.

Optionally, the input is received while the video imaging system is directed to image a target used in a color balancing procedure.

These and other embodiments are described in more detail in the following detailed descriptions and the figures. The various methods may be implemented as a set
5 of machine readable and executable instructions stored on known storage media for computing devices.

The foregoing is not intended to be an exhaustive list of embodiments and features of the inventive subject matter. Persons skilled in the art are capable of appreciating other embodiments and features from the following detailed description in
10 conjunction with the drawings.

The inventive subject matter will be more fully understood from the following detailed description of the embodiments thereof, taken together with the drawings in which:

15 BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The following figures show embodiments according to the inventive subject matter, unless noted as showing prior art.

Fig. 1 is a schematic, pictorial illustration of a system for endoscopic imaging with a user-actuated auto-focus mechanism, in accordance with an embodiment of the
20 inventive subject matter;

Fig. 2 is a flow chart that schematically illustrates a method for user-actuated auto-focus, in accordance with an embodiment of the inventive subject matter;

Figs. 3A and 3B are a flow chart that schematically shows a detailed implementation of the method of Fig. 2, in accordance with an embodiment of the inventive subject matter; and

5 Figs. 4 and 5 are flow charts that schematically illustrate methods for user-actuated auto-focus, in accordance with alternative embodiments of the inventive subject matter.

DETAILED DESCRIPTION

Representative embodiments according to the inventive subject matter are shown
10 in Figs. 1-5, wherein the same or generally similar features share common reference numerals.

Fig. 1 is a schematic, pictorial illustration of a system 20 for endoscopic imaging, in accordance with an embodiment of the inventive subject matter. A video camera 22 captures images 30 of anatomical structures within the body of a patient 26 via an
15 endoscope 24. In the example shown in the figure, endoscope 24 is a rigid laparoscope, and camera 22 is coupled to the proximal end of the laparoscope, outside the patient's body. Alternatively, endoscope 24 may comprise a rigid or flexible endoscope of any other suitable type, and the camera may be located at either the proximal or the distal end (assuming the camera is configured to allow automatic focal adjustment). Further
20 alternatively, the principles of the inventive subject matter may be implemented in video imaging systems of other types, such as systems for machine vision and microscopy, and are by no means limited to endoscopic applications.

Camera 22 comprises imaging optics 36, which focus an image onto an image sensor 38. The image sensor may comprise any suitable type of sensing device, such as a CCD or CMOS-type sensor, in either a single-sensor or multi-sensor configuration. Optics 36 are adjustable, under external control, in order to vary the focal distance of the images that are formed on the image sensor. The adjustment may be carried out, for example, by motorized motion of one or more lenses in optics 36, or alternatively using any other suitable method of focal adjustment that is known in the art. A user 28, typically a medical practitioner, aims endoscope 24 so that the sensor captures images of the desired anatomical structures. A console 32 processes the output of sensor 38 in order to produce video images 30 in the appropriate format.

After inserting endoscope 24 into the patient's body and aiming the endoscope toward the anatomical structure of interest, user 28 actuates auto-focus controls 34 and 35. Alternatively, this focusing procedure may be carried out simultaneously with color balancing ("white balance"), while the user aims the endoscope toward a calibration target, such as a white pad (not shown). Controls 34 and 35 may comprise dual push-buttons, as is illustrated in the figure, for toggling the focal mechanism forward and back. Alternatively, system 20 may comprise a single auto-focus control or multiple push-buttons or switches or controls of any other suitable type. Actuation of controls 34 and 35 invokes an auto-focus process, in which optics 36 are set to an optimal focal distance, as described with reference to the figures that follow. This auto-focus process may be carried out under the control of console 32 and/or by another suitable controller (not shown) that is contained within camera 22 or in another housing.

Fig. 2 is a flow chart that schematically illustrates a method for user-actuated auto-focus, in accordance with an embodiment of the inventive subject matter. The method is initiated when user 28 presses auto-focus control 34 or 35, at an actuation step 40. While the user presses the controls, the controller (such as console 32) drives the focal adjustment mechanism of optics 36 so as to gradually scan (increase and/or decrease) the focal distance.

Meanwhile, image sensor 38 captures a succession of images 30, which are typically output for viewing by the user. The controller measures one or more characteristics of the images that are indicative of image focal quality, and records the measurement it has made as a function of focal distance, at an image measurement step 42. For example, the controller may measure image “edginess,” i.e., a measure of the sharpness, or contrast, of edges in the image. For this purpose, the controller may digitally filter the image using a suitable kernel, and then sum the resulting output values.

One kernel that may be used for this purpose is $\begin{pmatrix} -1 & 2 & -1 \\ 2 & -4 & 2 \\ -1 & 2 & -1 \end{pmatrix}$. Alternatively, the filter

may output at each pixel the difference between the maximum and minimum pixel values in a certain neighborhood (such as a 3x3 neighborhood) of the pixel. Alternatively, the controller may measure any other suitable image characteristic or group of characteristics that are indicative of focal quality.

The user-actuated scan of focal distance terminates when the user releases the auto-focus controls, at a release step 44. (Alternatively, the user may terminate the scan by actuating the controls in a certain way, or by any other suitable action or sequence of actions.) For best results, it is desirable that the user observe images 30 and terminate the

scan immediately after reaching the setting at which the perceived image quality is best. In this case, the controller will generally have to perform little or no additional scanning in order to reach the final focal setting, and the likelihood is increased that the scan will result in a setting at which the image features of interest to the user are sharply focused.

5 Alternatively, however, the user may terminate the scan at any other desired point.

At the conclusion of steps 40-44, the controller will have collected measurements of focal quality as a function of focal distance setting over a range of focal distances. The controller evaluates these collected measurements in order to decide what additional, automatic focal adjustment may still be needed, at a decision step 46. If the current
10 setting is the one that gave the optimal (typically maximal) quality measure, the controller stops the auto-focus process and takes no further action.

Otherwise, the controller chooses the direction for adjustment that should, according to the collected measurements, lead to an increase in the focal quality. The controller drives the auto-focus mechanism to adjust the focus of optics 36 in the chosen
15 direction, at an automatic adjustment step 48. The adjustment continues until the controller passes a significant maximum of the focal quality measure. "Significant" in this context means, for example, that the maximal measure exceeds a certain baseline value by a predetermined threshold or percentage. After passing and identifying the maximum, the controller drives the focal adjustment mechanism back to the setting that
20 gave the optimal quality measure, at a concluding step 50. The controller may return to this setting either by tracking the focal quality measure until it returns to the maximal value or by running the adjustment mechanism for the required time or distance to reach the optimal setting.

Figs. 3A and 3B are a flow chart that schematically shows details of an exemplary implementation of the method of Fig. 2, in accordance with an embodiment of the inventive subject matter. As explained above, after the user actuates controls 34 and/or 35 at step 40, the controller runs the auto-focus motor (or other mechanism) and
5 computes an image edginess measure (IEM) as a function of focal setting, at an IEM collection step 60. The controller analyzes the IEM results to find the maximum and baseline values, wherein the baseline may typically be set to the minimum IEM value.

The IEM may be computed over the entire image or, alternatively, over a certain window within the image, such as a selected area in the center of the image. The window
10 size and shape may be adjusted according to the needs of the application. The window may be chosen dynamically from among a number of options in order to give the strongest maximum or best contrast between maximum and baseline, or to give a focal distance (maximum IEM value) that is closest to the setting at which the user subsequently releases controls 34 and 35 at step 44. Additionally or alternatively, the
15 IEM may be computed over each of a number of different windows, and the focal distance may be set on the basis of a combination of IEM values taken from the different windows.

The initial scan of focal distance ends, as noted above, when the user releases controls 34 and 35 at step 42 or, alternatively, if the auto-focus mechanism previously
20 reaches the end of its range, at a range limit step 62. In this latter event, the controller stops the scan at the limit, at a search termination step 64. If the user is satisfied with the end-of-range setting, the user may release the controls, and the process will terminate at this point. Otherwise, the user may actuate the controls once more, thus returning to step

40. The controller will then repeat step 60, this time running the auto-focus mechanism in the opposite direction from the previous scan.

When the user releases the focus controls at step 42, the controller checks whether the duration of step 60 was sufficient to collect IEM data for a certain minimal number of video frames, at an IEM availability checking step 66. Typically, for reliable results, the controller uses data from at least ten frames, for example. If the user released the controls before a sufficient number of frames was collected, the controller may continue to run the auto-focus mechanism and collect IEM data, at a continued running step 68, until it has a sufficient number of frames or until it reaches the focus limit.

10 In an alternative embodiment, the search may terminate at step 64 if the user has actuated the auto-focus controls for less than the minimal number of frames. This option permits the user to perform manual focus adjustment.

After the focal scan has terminated, having collected a sufficient number of frames, the controller checks whether the scan of focal distance passed through an optimal focal point, at a focus checking step 70. In other words, in the present embodiment, the controller determines whether the scan passed through a significant local maximum. For example, the difference between the maximal and minimal values of the IEM may be compared with an average background level of the images (which may be either a measured value or a predefined level). For example, the background level may be defined as level of IEN when image is not in focus or when no edges present. The maximum may be considered significant if the difference between maximal and minimal IEM values exceeds the average background level by a certain factor, such as three. Alternatively or additionally, other conditions may be used in identifying

significant maxima, such as the profile of the IEM curve, as explained below in reference to Fig. 5. In any case, if the scan did not pass through a significant maximum, the search terminates at step 64, and the user is prompted to actuate the focus controls once again to resume the search.

5 If the controller finds a significant maximum at step 70, it determines whether the maximum occurred within the last few frames of the scan, at a maximum identification step 72. If so, the controller continues to run the auto-focus mechanism in the same direction as in the most recent pass through step 60, at a scan continuation step 74. The purpose of this step is to ensure that the frame that was found to have the maximum IEM
10 value is the true focal point, and not an inferior local maximum. Otherwise, if the maximum was passed more than a few frames before the end of the most recent pass through step 60, the controller runs the auto-focus mechanism in the opposite direction, at a scan reversal step 76. Typically, the controller seeks to scan over a sufficient range of frames to have at least ten frames on either side of the frame with the maximum IEM
15 value (assuming that the maximum is not found at or very near the end of the focal range of the auto-focus mechanism).

In either case (step 74 or 76), the controller continues to collect IEM values and to seek the maximum and minimum IEM values, at an IEM collection step 78. Based on the collected IEM values, the controller sets a threshold (THRESHOLD1) for use in
20 identifying the optimal focal point, at a threshold setting step 80. For example, the threshold may be set to the IEM value measured a certain number (K) of frames after the maximum was reached, such as K=4 frames after the maximum. Focal scanning and IEM collection at step 80 continue until either the mechanism reaches the focus limit, at a

limit checking step 82, or until a termination criterion is satisfied, at a scan termination step 84. Typically, this termination criterion requires that a sufficient number of frames (for example, ten frames) have elapsed beyond the frame with maximum IEM, and that the IEM value of the current frame is sufficiently far beneath the maximum value, for
5 example, 25% below the maximum.

When the controller determines that it has reached the focal range limit at step 82 or satisfied the criterion of step 84, it again reverses the scan direction of the auto-focus mechanism, at a further scan reversal step 86. The controller now drives the auto-focus mechanism to scan back and forth over the range around the setting with maximum IEM
10 until it converges on the optimal focus. As an initial step in this process, the controller sets a countdown timer to a number of frames that is equal to the current distance (in frames) from the maximum IEM value found in the scan of step 78, plus an overshoot of M1 additional frames, at a countdown setting step 88. Typically, M1 may be set to 10 frames, for example. The countdown timer is used, as explained below, in order to
15 prevent excessive scanning back and forth, which may occur, for example, if the scene imaged by camera 22 has changed. Such a scene change may result in a change in IEM values as a function of the focal setting.

Following the scan direction reversal at step 86, the controller runs the auto-focus mechanism, at a convergent scanning step 90. The controller computes the IEM values
20 of the captured images and seeks the point at which the IEM value of the current frame passes the threshold (THRESHOLD1), at a threshold checking step 94. The controller stops the search at this point, where the focal setting will likely be within a short distance of the optimal setting, at a process termination step 96.

In the meanwhile, for each video frame that passes while scanning the auto-focus mechanism at step 90, the controller decrements the countdown timer that was set previously. If the threshold condition of step 94 is not satisfied, the controller terminates the current scan when the timer reaches zero, at a timer checking step 98. (As noted
5 above, this sort of timeout may occur if the scene imaged by camera 22 has changed.) In this case, the controller again reverses the scan direction, at a final reversal step 100. For purposes of the reverse scan that is to follow, the controller finds the maximum IEM value of the scan performed at step 90, and sets a new threshold (THRESHOLD2) to the IEM value of the Kth frame following the maximum of this latter scan, at a new threshold
10 setting step 92. The controller also resets the countdown timer to a final value M2, at a final timer setting step 102. M2 is typically set to a value greater than the overshoot value M1 that was set previously. M2 is chosen so that, if a significant maximum of the IEM value is not found in the subsequent scan, the auto-focus mechanism will be set at or near the focal setting for which the maximum IEM value was found previously.

15 After reversing the scan direction at step 100, the controller again runs the auto-focus mechanism, computes IEM values, and decrements the countdown timer, at a final scanning step 104. The scan terminates, at step 96, either when the IEM value of the current frame passes the threshold, at a final threshold checking step 106, or when the countdown reaches zero, at a final timer checking step 108. The focus of camera 22
20 should now be set at or near the optimal value for viewing the anatomical structures of interest to the user. If not, or if readjustment of the focal distance is needed subsequently for any reason, the user may again press control 34 or 35 in order to restart the auto-focus process.

Fig. 4 is a flow chart that schematically illustrates a method for user-actuated auto-focus, in accordance with an alternative embodiment of the inventive subject matter. In this case (as well as in the embodiment of Fig. 5, described below), the user actuates auto-focus control 34 or 35 only to initiate the auto-focus process, at an initiation step 5 110. The controller does not rely on the user to release the control at or near the optimal focus, but rather scans the auto-focus mechanism autonomously, at a scanning step 112.

The controller computes and records edginess (IEM) values of the image frames during the scan, and then decides whether it has found a significant maximum value, at a decision step 114. If the scan passed a significant maximum, the controller reverses the 10 scan direction and repeats the search, at a reverse scanning step 116, in a manner similar to that described above with reference to Figs. 3A and 3B. Finally, the controller returns the auto-focus mechanism to the optimal setting, giving the maximal IEM value, either by time (countdown) or by IEM measurement, at a final setting step 118.

Fig. 5 is a flow chart that schematically illustrates a method for user-actuated 15 auto-focus, in accordance with another alternative embodiment of the inventive subject matter. As in the embodiment of Fig. 4, the user in the present embodiment actuates the auto-focus control once, at an initiation step 120. The controller scans the auto-focus mechanism, typically all the way to the focus limit, at a scanning step 122. As in the preceding embodiments, the controller computes and collects the edginess measure of the 20 image frames.

In the embodiment of Fig. 5, however, the controller searches not simply for a local maximum, but for a maximum with a defocus profile that has a shape similar to the expected shape for transition from focused to defocused optics, at a defocus assessment

step 124. In other words, the controller evaluates the shape of the IEM curve as a function of focal distance (or equivalently, as a function of time or frame number). In particular, the controller tests the gradient of the curve against the expected range of gradients. The sort of test helps to ensure that the auto-focus process finds a true focal point, and does not converge to a local maximum in the IEM curve that is the result of artifacts, rather than optical focus. Such a test may also be incorporated in the method of Figs. 2, 3A and 3B, as noted above.

If the controller finds a maximum in the IEM curve with the desired profile, it drives the auto-focus mechanism back to the setting that yielded this maximum, at a final setting step 126. Otherwise, the controller may repeat the scan of focal distance in the opposite direction, at a scan reversal step 128. The controller again computes and analyzes the IEM values to search for a local maximum with the desired profile, at a reverse assessment step 130. If the controller does not find a local maximum with the desired profile, it simply determines the global maximum of the IEM over the entire focal range, and then sets the focal distance at step 126 to give this global maximum value.

In addition to the methods and systems disclosed herein, the inventive subject matter also contemplates a computer readable medium storing a set of instructions (i.e., software) executable by conventional computing devices and processors to perform the disclosed method steps. The inventive subject matter also contemplates methods of manufacture and assembly of systems apparatuses, and components disclosed herein.

It will be appreciated that the embodiments described above are cited by way of example, and that the inventive subject matter is not limited to what has been particularly shown and described hereinabove. Rather, the scope of the inventive subject matter

includes both combinations and subcombinations of the various features described hereinabove, as well as variations and modifications thereof which would occur to persons skilled in the art upon reading the foregoing description and which are not disclosed in the prior art.

5

CURRENTLY CLAIMED INVENTIONS:

1. A method for adjusting a video imaging system that includes an auto-focus mechanism, the method comprising:
 - receiving an input from a user of the video imaging system invoking an auto-focus procedure;
 - responsively to the input, scanning the auto-focus mechanism over a range of focal distance from a first setting to a second setting indicated by the input;
 - capturing a sequence of images using the video imaging system while scanning the auto-focus mechanism over the range;
 - processing the images in the sequence so as to compute a measure of focal quality with respect to each of the images;
 - analyzing the measure of the focal quality so as to select an optimal focal distance; and
 - setting the auto-focus mechanism to the selected focal distance.
2. The method according to claim 1, wherein receiving the input comprises sensing actuation and release of a user control associated with the video imaging system.
3. The method according to claim 2, wherein the video imaging system comprises a camera, and wherein the user control comprises a button on the camera.

4. The method according to claim 2, wherein scanning the auto-focus mechanism comprises determining the second setting to be the focal distance at which the user control was released.
5. The method according to claim 2, wherein the release of the user control is indicative of an approximation by the user of the optimal focal distance.
6. The method according to claim 1, wherein processing the images comprises computing the measure of focal quality by evaluating edges in the images.
7. The method according to claim 1, wherein processing the images comprises computing the measure of focal quality over a plurality of windows within each of the images, and wherein analyzing the measure of the focal quality comprises selecting at least one of the windows so as to determine the optimal focal distance
8. The method according to claim 1, wherein analyzing the measure of focal quality comprises evaluating a profile of the measure of focal quality as a function of the focal distance against an expected profile that is associated with optical defocusing.
9. The method according to claim 1, wherein scanning the auto-focus mechanism comprises scanning the focal distance in a first direction, and comprising

performing at least one scan of the focal distance in a second direction, opposite to the first direction, in order to find the optimal focal distance.

10. The method according to claim 9, wherein scanning the focal distance in the first direction comprises determining a threshold value of the measure that is indicative of the optimal focal distance while scanning in the first direction, and wherein performing the at least one scan of the focal distance in the second direction comprises terminating the at least one scan when the measure passes the threshold or when a predetermined time limit has expired.
11. The method according to claim 1, wherein capturing the sequence of images comprises capturing the images of an anatomical structure inside a body of a subject using an endoscope.
12. The method according to claim 1, wherein the input is received while the video imaging system is directed to image a target used in a color balancing procedure.

ABSTRACT

Methods and systems for adjusting a video imaging system that includes an auto-focus mechanism wherein an input from a user of the video imaging system invokes an auto-focus procedure. Responsive to the input, the auto-focus mechanism is scanned over a range of focal distance from a first setting to a second setting indicated by the input. A sequence of images using the video imaging system is captured while scanning the auto-focus mechanism over the range. The images in the sequence are processed so as to compute a measure of focal quality with respect to each of the images. The measure of the focal quality is analyzed so as to select an optimal focal distance, and the auto-focus mechanism is set to the selected focal distance.

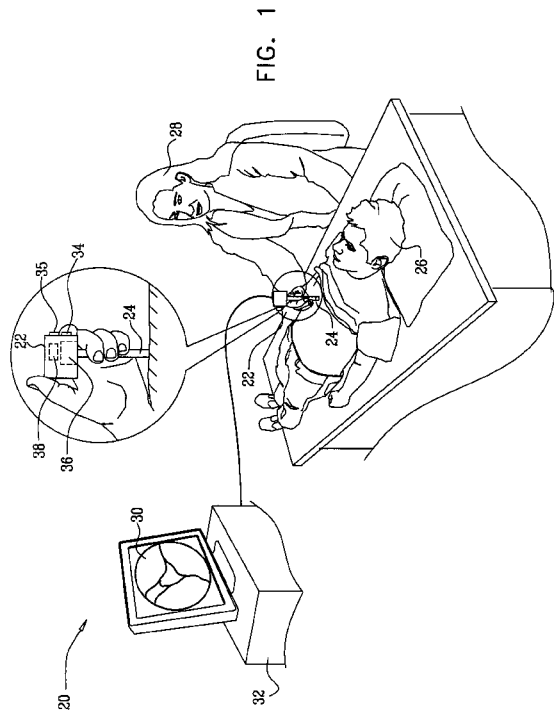


FIG. 1

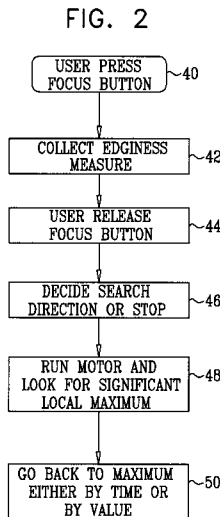


FIG. 2

FIG. 3A

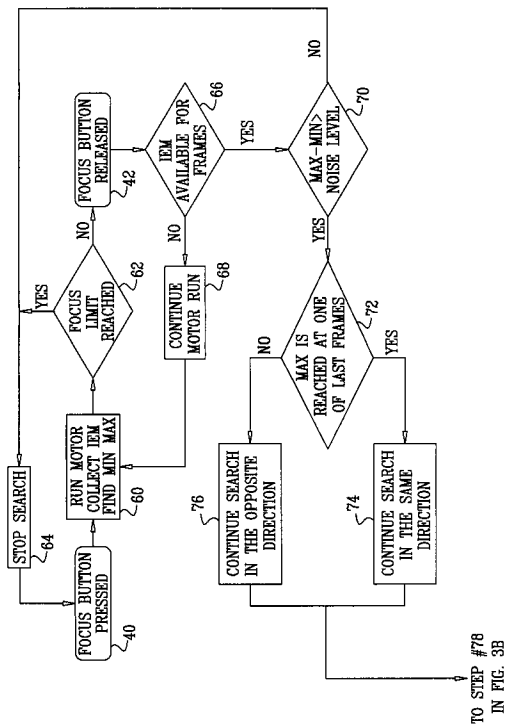
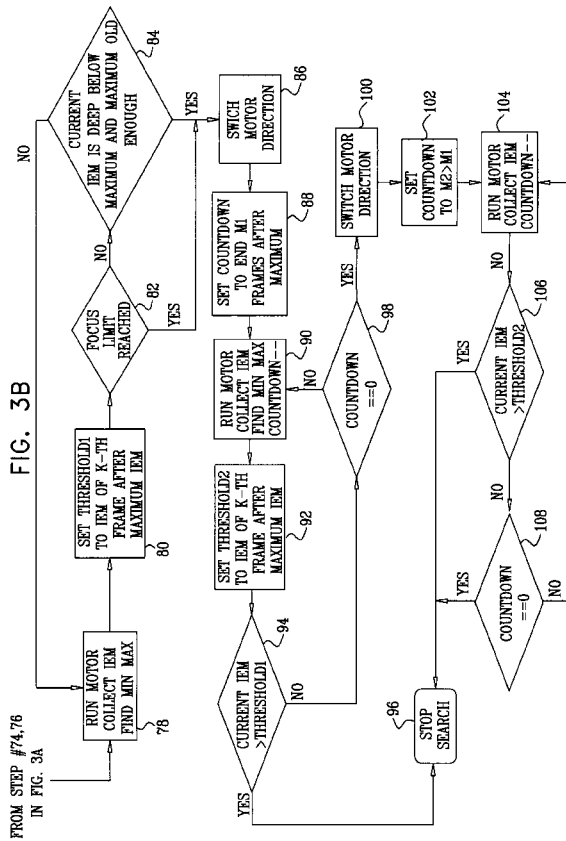
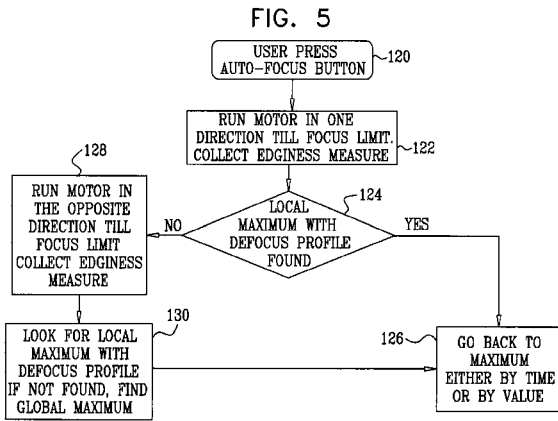
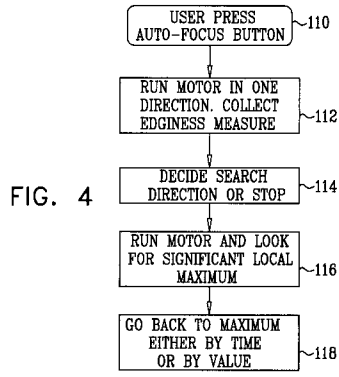


FIG. 3B



FROM STEP #74,76 IN FIG. 3A



专利名称(译)	用户辅助自动对焦		
公开(公告)号	JP2009058932A	公开(公告)日	2009-03-19
申请号	JP2008136208	申请日	2008-05-26
[标]申请(专利权)人(译)	捷锐士阿希迈公司(以奥林巴斯美国外科技术名义)		
申请(专利权)人(译)	上回代理CMI油墨		
[标]发明人	マイケルラブレンティブ スチュアートウルフ ドロンアドラー アルバートエムジュアージェンスザサード		
发明人	マイケル ラブレンティブ スチュアート ウルフ ドロン アドラー アルバート エム ジュアージェンス ザ サード		
IPC分类号	G02B7/28 G02B7/36 G02B23/24 G02B23/26 H04N5/232 A61B1/00 A61B1/04 G03B13/36		
CPC分类号	A61B1/00188 A61B1/04 A61B1/05 G02B7/38 H04N5/23212 H04N2005/2255		
FI分类号	G02B7/11.N G02B7/11.D G02B7/11.H G02B23/24.B G02B23/26.D H04N5/232.H A61B1/00.300.Y A61B1/04.370 G03B3/00.A A61B1/00.731 A61B1/00.735 A61B1/04 A61B1/045.610 G02B7/28.H G02B7/28.N G02B7/36 G03B13/36 H04N5/225.500 H04N5/232 H04N5/232.120		
F-TERM分类号	2H011/AA06 2H011/BA31 2H011/BB03 2H040/BA06 2H040/GA01 2H040/GA10 2H051/AA15 2H051/BA47 2H051/BA66 2H051/EA08 4C061/FF40 4C061/LL02 4C061/LL03 4C061/MM02 4C061/PP13 4C061/RR06 5C122/DA12 5C122/DA26 5C122/EA01 5C122/EA42 5C122/EA68 5C122/FD01 5C122/FD05 5C122/FD13 5C122/GA17 2H151/AA15 2H151/BA47 2H151/BA66 2H151/EA08 4C161/FF40 4C161/LL02 4C161/LL03 4C161/MM02 4C161/PP13 4C161/RR06		
代理人(译)	吉田健治 石田 纯		
优先权	60/940047 2007-05-24 US		
其他公开文献	JP5063480B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：在根据参数变化自动执行的焦点重新搜索中，要防止长时间进行焦点重新搜索，并防止每次场景变化时不必要地进行焦点重新搜索。一种用于通过自动聚焦机构调整成像系统的方法和系统，当从成像系统的用户接收到请求执行自动聚焦程序的命令40时，该命令指定第一焦距第二聚焦。距离之间的部分由自动对焦机制扫描。通过使成像系统在扫描和处理图像期间捕获一组图像，为每个图像计算聚焦指标值。通过分析对焦指数值选择最佳焦距，自动对焦机制将焦距调整为最佳焦距50。[选择图]图2

